

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
POLO APUCARANA  
ESPECIALIZAÇÃO EM GENÉTICA PARA PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO

SANDRA REGINA ROCON DE OLIVEIRA

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE HERANÇA  
MONOGÊNICA: A EXPERIÊNCIA COMO PRÁTICA EDUCATIVA**

APUCARANA  
2015

SANDRA REGINA ROCON DE OLIVEIRA

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE HERANÇA  
MONOGÊNICA: A EXPERIÊNCIA COMO PRÁTICA EDUCATIVA**

Monografia apresentada como requisito parcial à conclusão do Curso de Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio, na modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Claudia Bonatto.

APUCARANA  
2015

Dedico este trabalho ao meu marido Clóvis, meus filhos Natália e Mateus e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Claudia Bonatto, pelo auxílio e apoio com que me guiou neste trabalho.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, à todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

*“Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito. Um se chama ontem e outro amanhã. Portanto, hoje é o dia certo para amar, fazer e principalmente viver”.*

**DALAI LAMA**

## RESUMO

OLIVEIRA, Sandra Regina Rocon de. **Proposta metodológica para o ensino de herança monogênica: a experiência como prática educativa.** 2015. 44 f. Monografia (Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) - Universidade Federal do Paraná. Apucarana, 2015.

A pesquisa sobre aprendizagem em genética é um assunto relevante inserido na área de ensino de biologia, pois abrange uma discussão acerca das metodologias de ensino. Grande parte dos professores de Biologia aponta adversidades na elaboração de aulas devido à dificuldade apresentada por alunos do ensino médio para compreender/assimilar fenômenos ocorridos a nível celular, que, embora sejam concretos, não são visíveis. Ainda, a dificuldade em desenvolver aulas práticas é recorrente, seja pela carência de material ou de laboratório apropriados. Este trabalho tem como objetivo geral propor uma metodologia prática aliada à teórica para o ensino em genética sobre mutação gênica aos estudantes do terceiro ano do ensino médio, a fim de que possam compreender a herança de determinadas doenças consequentes de alterações genéticas, com destaque ao albinismo, e os objetivos específicos visam contextualizar mutação gênica e mecanismos de herança; pesquisar acerca de estratégias de ensino utilizadas para o ensino de mutação gênica no ensino médio; promover aos alunos a compreensão dos fenômenos ocorridos no cruzamento genético; e evidenciar a necessidade de aproximação dos alunos, por meio de práticas, aos fenômenos ensinados em aulas teóricas. A proposta metodológica sobre herança de características fenotípicas comuns e albinismo foi subdividida, com a duração de três horas aula (H/A) cada, seguindo uma sequência de acordo com o conteúdo do livro didático/apostila e o conhecimento prévio dos alunos sobre genética. Após a ocorrência da proposta metodológica, um questionário referente aos temas abordados deve ser utilizado a fim de verificar sua eficácia. Espera-se que a associação das aulas teóricas e práticas propostas proporcionem uma reflexão nos alunos da forma como algumas características físicas do ser humano são herdadas ao acaso, bem como um aumento na quantidade e na qualidade da participação dos alunos, o que supostamente poderia ser interpretado também como um aumento na motivação para a aprendizagem do conteúdo.

**Palavras-chave:** Herança Monogênica. Genética. Metodologia de ensino.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Sandra Regina Rocon de. **Methodological proposal for the teaching of monogenic inheritance: the experience as educational practice**. 2015. 44 f. Monografia (Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) - Universidade Federal do Paraná. Apucarana, 2015.

Research on genetics learning is a relevant issue inserted in biology teaching area, it covers a discussion of teaching methodologies. Many biology teachers point adversities in compiling lessons due to the difficulty presented by high school students to understand / assimilate phenomena occurring at the cellular level, which, although concrete, are not visible. Besides, the difficulty to develop practical classes is recurrent, because of the lack of material and appropriate laboratory. This work has a general objective to propose a practical methodology combined with its theory related to gene mutation to teach genetics education to students of the third year of high school, in order to them to comprehend the inheritance of certain diseases resulting from genetic alterations, highlighting the albinism, and specific objectives aiming to contextualize gene mutation and inheritance mechanisms; research about teaching strategies used for the gene mutation teaching in high school; promote to the students comprehend the phenomena occurring in the genetic crossing; and highlight the need to be close to the students, through practical classes, to the phenomena taught in lectures. The methodology proposed of genetic crossing and albinism was subdivided, each one with three hours loading classes, following a sequence according to the contents of the textbook / workbook and the previous knowledge of the students about genetics. After the occurrence of the proposed methodology, a questionnaire relating to the topics covered should be used to verify its effectiveness. It is expected that the combination of theoretical and practical proposals provide the reflection of the students about the way some physical characteristics of the human being are inherited, as well as an increase in the quantity and quality of participation of students, that supposedly it could also be interpreted as an increase in learning motivation content.

**Keywords:** Monogenic inheritance. Genetics. Teaching Methodology.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Gregor Johann Mendel (1822-1884). ....	13
<b>Figura 2:</b> Geração P (parental), Geração F1 e Geração F2 na 1ª Lei de Mendel. ...	15
<b>Figura 3:</b> Autofecundação da Geração F1 (RrVv x RrVv) na 2ª Lei de Mendel. ....	16
<b>Figura 4:</b> Acondroplasia. ....	18
<b>Figura 5:</b> Ectrodactilia nas mãos. ....	18
<b>Figura 6:</b> Displasia Ectodérmica Ectrodactilia ou Síndrome da Fissura do lábio/Palato .....	19
<b>Figura 7:</b> Manchas café com leite e neurofibromas típicos de Neurofibromatose. ...	19
<b>Figura 8:</b> Albinos. ....	20
<b>Figura 9:</b> Representação dos possíveis descendentes de um indivíduo normal com albino. ....	21
<b>Figura 10:</b> Representação dos possíveis descendentes de um indivíduo. ....	21
<b>Figura 11:</b> Representação dos possíveis descendentes de um indivíduo. ....	22
<b>Figura 12:</b> Representação dos possíveis descendentes de dois indivíduos. ....	22
<b>Figura 13:</b> Modelo de Heredograma. ....	24
<b>Figura 14:</b> Simbologia básica de heredogramas. ....	24



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1.JUSTIFICATIVA.....	10
1.2.OBJETIVOS.....	10
1.2.1.Objetivo Geral .....	10
1.2.2.Objetivos Específicos.....	10
 <b>2.REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
2.1.O ESTUDO DE BIOLOGIA E GENÉTICA.....	12
2.1.1 Leis de Mendel.....	12
2.1.2.Herança Monogênica .....	17
2.1.3.Heredogramas .....	23
2.2.METODOLOGIAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA .....	25
2.2.1.A metodologia de ensino de Ciências e Biologia no Brasil: um breve histórico .....	25
2.2.2.Dificuldades no ensino de Biologia.....	26
2.2.3.Metodologias para o ensino de Genética .....	27
2.3.A AULA PRÁTICA COMO METODOLOGIA DE ENSINO .....	28
 <b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>30</b>
3.1.PLANO DE AULA .....	30
3.2.Prática 1: Herança de características fenotípicas comuns .....	31
3.3.Prática 2: Albinismo .....	31
3.4.AVALIAÇÃO .....	32
 <b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>37</b>
 <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>38</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de Genética tem se mostrado difícil pelo fato dos temas abordados serem complicados para assimilar e apresentarem um grau de abstração elevado, causando desmotivação nos alunos sobre o assunto (BUGALLO, 1995; VILELA, 2007; CASTELÃO e AMABIS, 2008).

Nesse contexto, o uso de atividades diferenciadas em sala de aula pode estimular o aluno, despertando sua curiosidade acerca dos temas abordados, tornando o ensino mais fácil, prazeroso e efetivo. Os autores AYUSO E BANET (2002) apontam que os estudantes necessitam concluir o ensino médio com conhecimento sobre cromossomos, mutações, variações hereditárias, entre outros. Citam ainda que a disciplina de genética favorece aos alunos a percepção dos progressos tecnológicos e seus reflexos na sociedade.

Embora exista uma extensa bibliografia sobre biologia/genética, o mesmo não ocorre em relação às atividades práticas, muitas vezes impossíveis de serem realizadas em condições normais de trabalho. Dessa forma, é notável o desinteresse da maioria alunos, que aprendem somente alguns conceitos (VILELA, 2007).

São muitas as metodologias utilizadas para envolver os alunos, entre elas os jogos, modelos didáticos e aulas práticas. Esta última, quando aliada à teoria de maneira adequada, torna o assunto estudado mais claro, propiciando um melhor entendimento dos conceitos mais difíceis, como ocorre na disciplina de Genética.

O referencial teórico deste trabalho aborda o estudo de Genética, contextualizando as Leis de Mendel, herança monogênica e algumas doenças genéticas, com enfoque em albinismo. Aborda também um histórico sobre metodologias para o ensino de Ciências e Biologia no Brasil, suas dificuldades e metodologias utilizadas para o ensino de Genética.

Dessa forma, foram propostas aulas práticas em sequência às aulas teóricas referentes a conteúdos da genética, especificamente as leis de Mendel, herança monogênica e albinismo, visando tornar a aprendizagem

concreta, uma vez que a prática promove interações com o aluno, aproximando o objeto à sua realidade e ainda auxiliando na construção do conhecimento. Ainda, é proposto um questionário a ser aplicado após o emprego da proposta metodológica, a fim de verificar seus resultados.

### 1.1.JUSTIFICATIVA

A preparação e efetivação de aulas referentes ao conteúdo de Biologia é uma questão amplamente apontada e discutida por professores do ensino médio, no que tange a preocupação quanto à compreensão dos alunos sobre mecanismos ocorridos a nível celular, já que não são visíveis. Além disso, existe outro problema acerca do desenvolvimento de aulas práticas, devido à deficiência de material ou de laboratórios adequados nas escolas.

### 1.2.OBJETIVOS

#### 1.2.1. Objetivo Geral

Propor uma metodologia prática aliada à teórica para o ensino de Genética relacionada às Leis de Mendel ao terceiro ano do ensino médio, a fim de que possam compreender a herança de determinadas doenças consequentes de alterações genéticas, com destaque ao albinismo.

#### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Contextualizar as Leis de Mendel e os mecanismos de herança genética, com enfoque ao albinismo;

- Pesquisar acerca de estratégias de ensino utilizadas para o ensino de herança monogênica no ensino médio;
- Promover aos alunos a compreensão dos fenômenos ocorridos com características de herança mutagênica;
- Evidenciar a necessidade de aproximação dos alunos, por meio de práticas, aos fenômenos ensinados em aulas teóricas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1.O ESTUDO DE BIOLOGIA E GENÉTICA

A Biologia é uma ampla área das ciências que analisa as estruturas dos organismos e a influência mútua destes com o meio ambiente (CASAGRANDE, 2006). Seu estudo significa transcorrer por diferentes assuntos vinculados à vida, seja de um ser unicelular ou de como ocorre o funcionamento de um ecossistema (TEMP, 2011). Dessa forma, estudar genética é estar compreendendo a particularidade básica de todo ser vivo, a reprodução e a hereditariedade (KREUZER E MASSEY, 2002).

A genética é uma área de estudo que vai de encontro a questões no campo educacional, ético, tecnológico e de saúde. No século XX ocorreram descobertas que permitiram a descrição e identificação hereditária de enfermidades ainda incógnitas na medicina (GRIFFITHS *et al.*, 2001; GUEDES, 2007).

Aprender genética é fundamental para a compreensão de temas como conceito de cromossomos, hereditariedade, descoberta e localização de genes e alelos que predeterminam o desenvolvimento de certas doenças, entre tantos outros (GRIFFITHS *et al.*, 2001; TEMP, 2011).

Ainda em relação à hereditariedade, a genética é a “ciência que investiga as razões de semelhanças que se manifestam nos organismos relacionados por descendência” (SANTANA, 2006), baseados nos experimentos do botânico austríaco Gregor Johann Mendel.

#### 2.1.1. Leis de Mendel

Gregor Johann Mendel (1822-1884) foi um monge austríaco ordenado padre em 1847 (SANTANA, 2006; ASTRAUSKAS *et al.*, 2009), o qual visava a docência na Universidade de Viena, porém, sem êxito. Dessa forma, Mendel

regressou ao monastério iniciando seus experimentos em genética, os quais posteriormente o marcariam na história como descobridor das leis da hereditariedade, sendo reconhecido como o Pai da Genética (Figura 1) (AMABIS E MARTHO, 1990; GRIFFITHS *et al.*, 1998; MARTINS, 2002; SANTANA, 2006; SNUSTAD E SIMMONS, 2008).



**Figura 1:** Gregor Johann Mendel (1822-1884).

**Fonte:** Britannica, 2015 (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/374739/Gregor-Mendel>).

Em seus estudos, Mendel utilizou a ervilha *Pisum sativum*, devido a seu fácil cultivo e características morfológicas distintas (SANTANA, 2006; GONÇALVES, 2006; SNUSTAD E SIMMONS, 2008; FRIDMAN, 2012). Em suas análises, Mendel cruzou ervilhas puras de sementes amarelas e verdes, e nomeou essa linhagem de Geração Paternal (ou geração P) e notou que toda sua descendência, nomeada Geração F1 (primeira geração ou geração filial), apresentava fenótipo amarelo, ou seja, 100% iguais a um dos pais, não

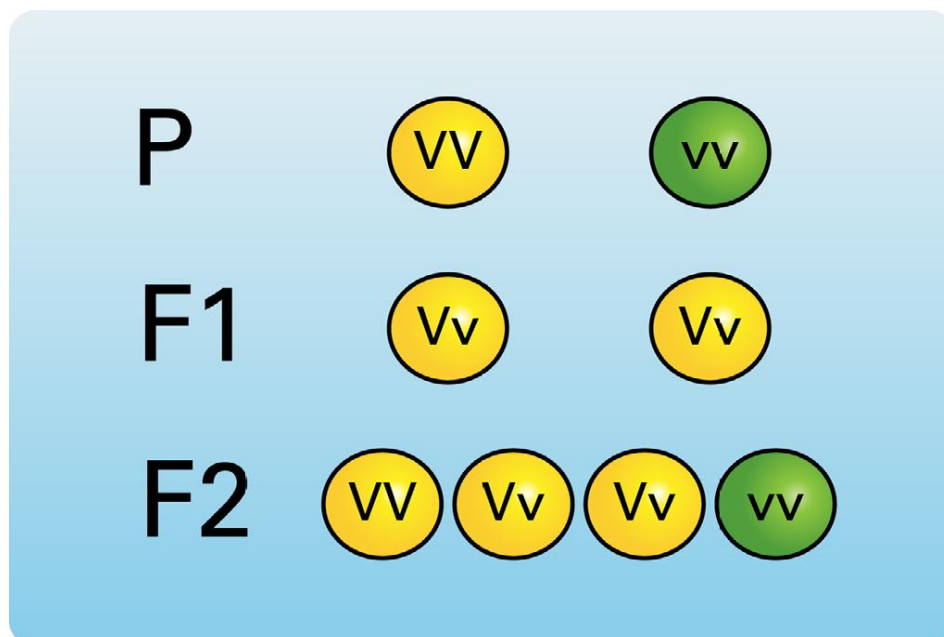
identificando o traço verde nesta geração (SNUSTAD E SIMMONS, 2008; FRIDMAN, 2012).

Assim, Mendel utilizava o processo de autofecundação, no qual os gametas femininos são fecundados por gametas masculinos da mesma planta até que todos os descendentes possuíssem as mesmas características da geração parental (GONÇALVES, 2006). Foi realizada a autofecundação da Geração F1 (VvxVv), resultando na Geração F2 (segunda geração ou geração filial), e Mendel percebeu que apareciam plantas com sementes amarelas e verdes, mas em proporções diferentes, de 3:1 (ou 75% de sementes amarelas e 25% de sementes verdes), ou seja, para cada três plantas com sementes amarelas, havia uma com sementes verdes (AMABIS E MARTHO, 1990; SANTANA, 2006; GRIFFITHIS *et al.*, 2009; FRIDMAN, 2012).

FRIDMAN (2012) relata a conclusão de Mendel:

Mendel concluiu inicialmente que deveriam existir fatores (ou unidades de herança) que fossem passados de pais para filhos e que cada fator seria responsável pelo aparecimento de uma característica. Assim, cada indivíduo possui dois fatores para cada característica, um herdado da mãe e outro herdado do pai. Desse modo, em relação à cor das sementes, deveria existir um fator para o caráter amarelo, que ele denominou de “V” (maiúsculo), e um fator para o verde, denominado de “v” (minúsculo). Assim, as plantas puras com sementes amarelas seriam VV, e as puras com sementes verdes seriam vv. Além disso, para que houvesse ervilhas verdes em F2 seria necessário que o fator “v” estivesse presente nos indivíduos em F1, mas que o mesmo não se manifestasse.

Diante disso, surgem os conceitos de “dominante” e “recessivo”, os quais determinam que, quando a ervilha amarela pura é cruzada com uma ervilha verde pura (P), o híbrido F1 recebe um fator “V” e um fator “v”, os quais são portadores de ambos os fatores (AMABIS E MARTHO, 1990; FRIDMAN, 2012). Como as ervilhas obtidas em F1 eram todas amarelas, houve a manifestação do fator “V”, e esse foi chamado de “dominante”. Mendel chamou de “recessivo” (“v”) o fator que não se expressa em F1 (Figura 2) (AMABIS E MARTHO, 1990; GRIFFITHIS *et al.*, 2001; FRIDMAN, 2012).



**Figura 2:** Geração P (parental), Geração F1 e Geração F2 na 1ª Lei de Mendel.  
**Fonte:** FRIDMAN, 2012.

Com o intuito de entender a causa pela qual a característica verde (vv) não ocorreu na Geração F1 e sim na F2, o monge realizou autofecundação das Gerações F2. Por meio dos resultados obtidos na experiência, Mendel concluiu sua Primeira Lei, também denominada Lei de Segregação ou Monohibridismo, (FRIDMAN, 2012; MUNIZ, 2013) a qual apresenta como princípios a dominância completa, em que um alelo pode impedir a expressão de outro e o caráter é condicionado por um par de alelos do gene que se separam durante a formação dos gametas e se agregam na fecundação ao acaso (AMABIS E MARTHO, 1990; SANTANA, 2006; GONÇALVES, 2006; FRIDMAN, 2012).

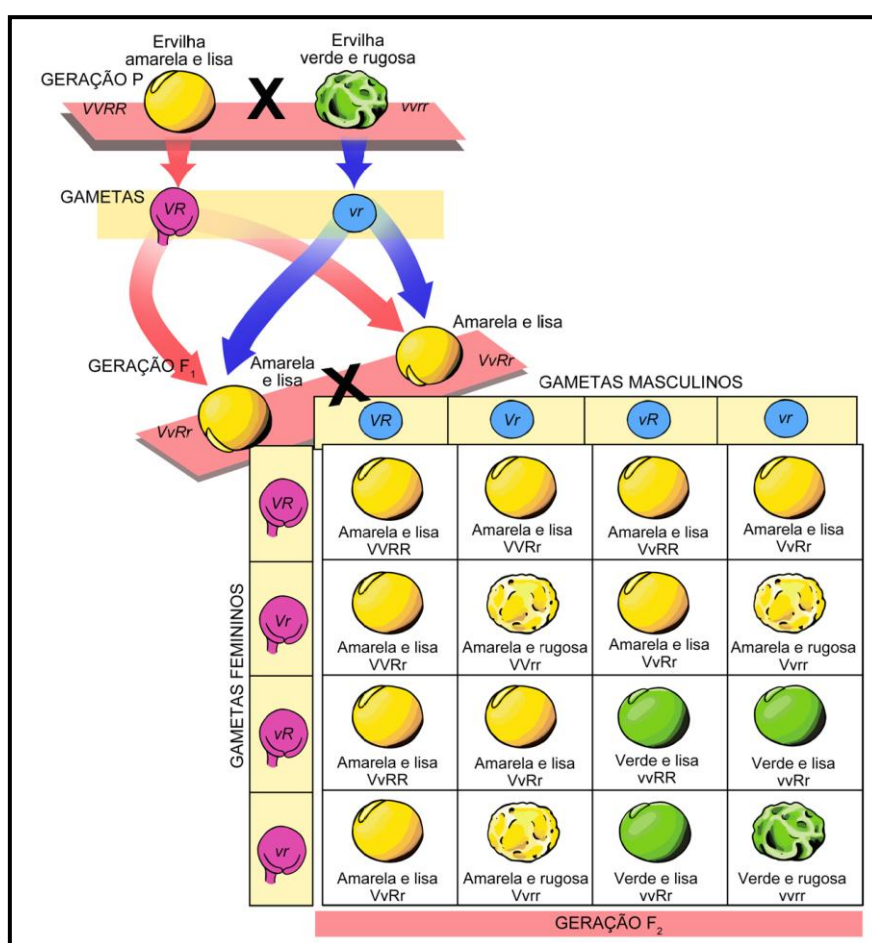
Mendel ainda pesquisou a combinação de mais de uma característica, observando em seus experimentos a cor e a textura da semente (AMABIS E MARTHO, 1990; GRIFFITHS *et al.*, 1998; SNUSTAD E SIMMONS, 2008; FRIDMAN, 2012). Ao cruzar plantas de sementes amarela e lisa (RRVV) com plantas de sementes verde e rugosa (rrvv), as plantas da Geração F1 apresentaram fenótipos 100% amarela e lisa (RrVv) (ASTRAUSKAS *et al.*, 2009; FRIDMAN, 2012).

A autofecundação da Geração F1 (RrVv x RrVv) produziu quatro fenótipos de ervilha em uma proporção de 9/16 de semente amarelas e lisa (RRVV; 2 RRVv; 2 RrVV e 4 RrVv), 3/16 de sementes amarela e rugosa (rrVV; rrVv; rrVv), 3/16 de sementes verde e lisa (RRvv; Rrvv; Rrvv) e 1/16 de



sementes verde e rugosa (rrvv), na proporção de 9:3:3:1 (Figura 3) (GRIFFITHIS *et al.*, 2001).

Fundamentado nos resultados dessas experiências, Mendel completou o princípio da Segunda Lei, também chamada de Diíbridismo ou Lei de Segregação Independente (MUNIZ, 2013). Segundo esta lei, os genes para dois ou mais fenótipos segregam independentemente na formação dos gametas (ASTRAUSKAS *et al.*, 2009) e sendo os genitores da Geração F<sub>1</sub> linhagens puras (Homozigotos), formam indivíduos duplamente heterozigotos, que por sua vez, produzem quatro tipos de gametas (SNUSTAD E SIMMONS, 2008).



**Figura 3:** Autofecundação da Geração F<sub>1</sub> (RrVv x RrVv) na 2ª Lei de Mendel.  
**Fonte:** FRIDMAN, 2012.

Esses experimentos ficaram ocultos por mais de 35 anos, sendo descobertos e aceitos somente em 1900. As Leis de Mendel foram de grande relevância para a compreensão da herança genética (AMABIS E MARTHO, 1990; MARTINS, 2002; ASTRAUSKAS *et al.*, 2009; FRIDMAN, 2012).

### 2.1.2. Herança Monogênica

A Herança Monogênica é determinada por um ou poucos genes, cuja expressão não é influenciada ou é pouco afetada pelo meio. Pode ser Autossômica ou Ligada ao Sexo, e ainda Dominante ou Recessiva (LACAVA e BRAUN, 2006; ROBINSON E BORGES-OSÓRIO, 2007; ICB, 2007).

Na Herança Autossômica Dominante, o fenótipo está presente em todas as gerações e toda pessoa afetada tem um genitor afetado. Ocorre em ambos os sexos. Qualquer filho de genitor afetado tem um risco de 50% de herdar o fenótipo. Familiares fenotipicamente normais não transmitem o fenótipo para seus filhos (LACAVA E BRAUN, 2006; ICB, 2007; UFGD, 2011).

São exemplos de doenças com herança monogênica autossômica dominante a Acondroplasia (Nanismo genético mais comum) (Figura 4), EEC (Ectrodactilia, displasia, fenda labial palatina) (Figuras 5 e 6), e a Doença de Huntington (Neurodegenerativa, caracterizada por movimentos involuntários e demência progressiva; letal na fase adulta), Neurofibromatose de Von Recklinghausen (Figura 7) afeta principalmente o sistema nervoso e a epiderme (manchas café com leite e tumores cutâneos fibromatosos), também pode comprometer outros órgãos, provocando alterações ósseas, endócrinas e mentais (LACAVA E BRAUN, 2006; ROBINSON E BORGES-OSÓRIO, 2007; ICB, 2007).



**Figura 4:** Acondroplasia.  
**Fonte:** MELDAU, 2007.



**Figura 5:** Ectrodactilia nas mãos.  
**Fonte:** TROPE *et al.*, 2010.



**Figura 6:** Displasia Ectodérmica Ectrodactilia ou Síndrome da Fissura do Lábio/Palato

**Fonte:** TORRES, 2015.



**Figura 7:** Manchas café com leite e neurofibromas típicos de Neurofibromatose.

**Fonte:** ANTONIO *et al.*, 2013.

Na Herança Autossômica Recessiva, o fenótipo aparece apenas na irmandade do indivíduo afetado e salta gerações. O risco de recorrência para

cada irmão do afetado é de 1 em 4. Os pais do indivíduo afetado, em alguns casos, são consanguíneos e ambos os sexos têm a mesma probabilidade de serem afetados (LACAVA E BRAUN, 2006; ICB, 2007; UFGD, 2011).

São exemplos de doenças monogênicas autossômicas recessivas a fibrose cística (Doença pulmonar crônica), a doença de TAY-SACHS (Distúrbio neurológico degenerativo) e o albinismo (LACAVA E BRAUN, 2006; ROBINSON E BORGES-OSÓRIO, 2007; ICB, 2007).

O albinismo (Figura 8) é um distúrbio genético em que há redução ou ausência inata do pigmento na pele, cabelos e olhos, devido à deficiência ou falta da enzima tirosinase, necessária para a produção de melanina (ROCHA E MOREIRA, 2007; VARELA, 2015).



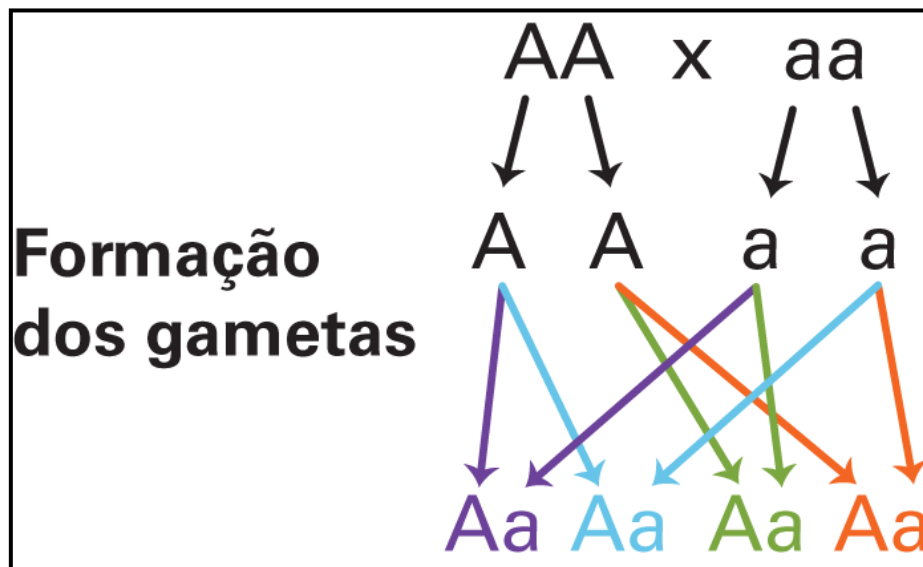
**Figura 8:** Albinos.

**Fonte:** <http://www.ufunk.net/en/photos/albinos-photographies-gustavo-lacerda>.

O albinismo resulta de uma herança de alelos recessivos e é conhecido por afetar todos os vertebrados, incluindo seres humanos (ABC.MED.BR, 2012). De acordo com ROCHA E MOREIRA (2007) “o albinismo é associado com um número de defeitos de visão, como fotofobia, nistagmo e astigmatismo. A falta de pigmentação da pele faz com que o organismo fique mais suscetível a queimaduras solares e câncer de pele”.

Seguindo o raciocínio da primeira Lei de Mendel com as ervilhas, a característica (albinismo) somente irá se manifestar nos indivíduos portadores de dois alelos recessivos (aa) (FRIDMAN, 2012). Dessa forma, um casal composto por um indivíduo normal (não albino) e um indivíduo albino terá toda

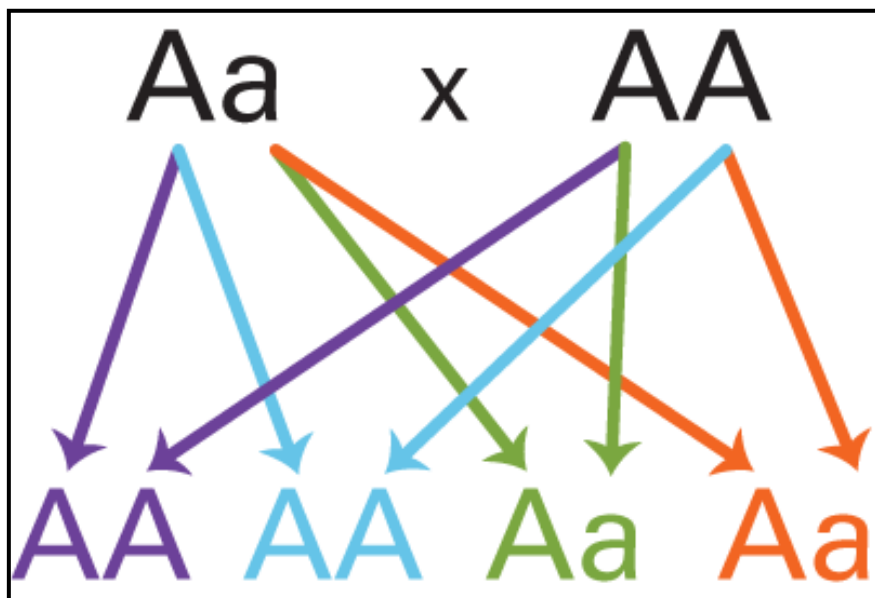
a prole normal, porém heterozigotos para o gene do albinismo, ou seja, portadores do gene (Figura 9).



**Figura 9:** Representação dos possíveis descendentes de um indivíduo normal com albino.

**Fonte:** FRIDMAN, 2012.

De acordo com a Figura 10, um indivíduo heterozigoto ( $Aa$ ) para o albinismo que se casar com um indivíduo normal ( $AA$ ) terá 50% de chance de ter filhos normais não portadores do gene e 50% de chance de ter filhos normais heterozigotos.

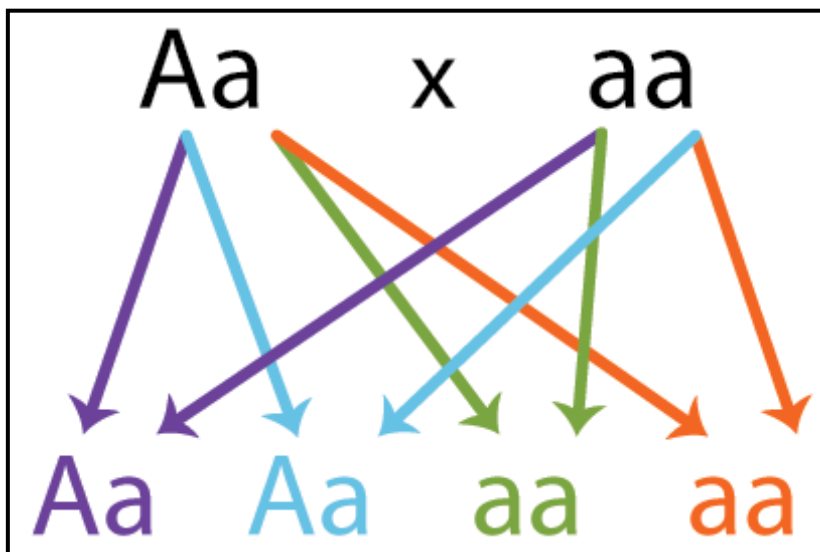


**Figura 10:** Representação dos possíveis descendentes de um indivíduo.

**Fonte:** FRIDMAN, 2012.

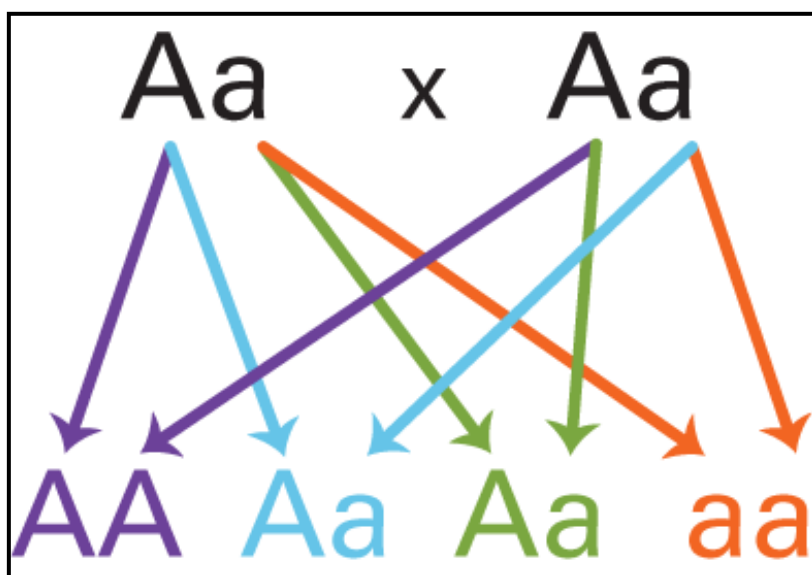


Um indivíduo heterozigoto (Aa) que se casar com um indivíduo albino (aa) terá 50% de chance de ter filhos heterozigotos e 50% de chance de ter filhos albinos (Figura 11).



**Figura 11:** Representação dos possíveis descendentes de um indivíduo.  
**Fonte:** FRIDMAN, 2012.

Dois indivíduos heterozigotos terão 75% de chance de terem filhos normais e 25% de chance de terem filhos albinos. Essa é a proporção de 3:1 observada por Mendel quando do cruzamento de dois indivíduos da geração F1 de suas ervilhas. No entanto, devemos observar que dentro dessa porcentagem de filhos normais, 1/3 é de filhos normais homozigotos (AA) e 2/3 de filhos normais, porém portadores do alelo para o albinismo (Aa) (FRIDMAN, 2012) (Figura 12).



**Figura 12:** Representação dos possíveis descendentes de dois indivíduos.  
**Fonte:** FRIDMAN, 2012.

Esse casal terá 25% de chance de ter filhos normais, 50% de chance de ter filhos normais heterozigotose 25% de chance de ter filhos albinos. Ou, dito de outra maneira, esse casal terá 75% de chance de ter filhos normais e 25% de chance de ter filhos albinos.

Na herança ligada ao sexo dominante, os fenótipos determinados por genes localizados no cromossomo X exibem uma distribuição sexual típica, diferente daqueles presentes nos autossomos. Um fenótipo ligado ao X será descrito como dominante se ele se expressar regularmente nos indivíduos heterozigotos (neste caso, as fêmeas) (LACAVA E BRAUN, 2006; NUSSBAUM, 2008).

A particularidade distintiva da herança dominante ligado ao X é que um homem afetado terá todas sua prole feminina afetada e nenhum masculino afetado. Caso contrário, a doença deverá ser de herança autossômica. E, se esse distúrbio for raro, fêmeas afetadas serão 2 vezes mais comuns que machos afetados (NUSSBAUM, 2008).

Na herança ligada ao sexo recessiva, uma mutação ligada ao X se manifesta em todos os machos que a herdaram, mas apenas nas fêmeas homozigóticas para esse mesmo loco. Como consequência, os distúrbios recessivos ligados ao X geralmente se limitam aos machos e quase não ocorrem nas fêmeas (LACAVA E BRAUN, 2006; NUSSBAUM, 2008).

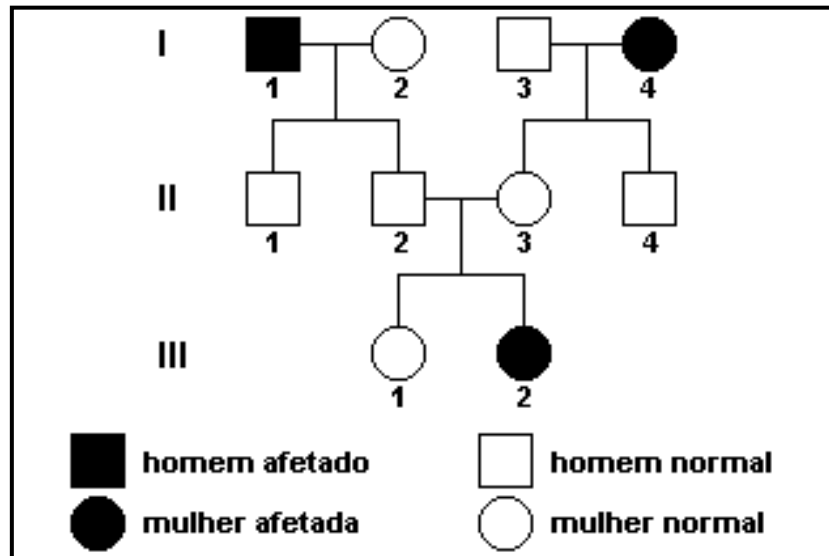
### 2.1.3. Heredogramas

Os heredogramas são representações utilizadas em Genética para demonstrar a genealogia ou linhagem de um indivíduo ou família, em que todos os integrantes são representados por meio de símbolos e sinais convencionais (Figura 13) (MELDAU, 2007; FRIDMAN, 2012).

Outra definição é citada por FONSECA (2011), na qual “os heredogramas ou genealogias são esquemas construídos para facilitar o estudo da transmissão de uma anomalia ou traço genético ao longo das gerações em uma família”.



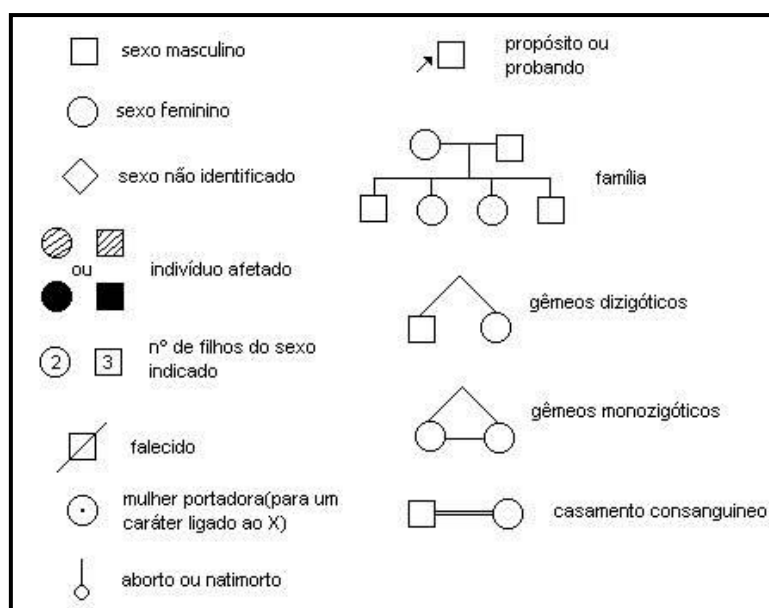
Os heredogramas “fornecem informações sobre dominância e recessividade dos alelos, riscos e probabilidades da ocorrência de uma descendência afetada” (LACAVA E BRAUN, 2006).



**Figura 13:** Modelo de Heredograma.

**Fonte:** <http://www.infoescola.com/genetica/heredograma>.

Para a construção do heredograma é necessário identificar todos os genótipos dos outros indivíduos, levando em conta que um alelo provém do pai e o outro da mãe. Caso o indivíduo seja homozigoto recessivo, ele recebeu um alelo recessivo de cada ancestral e passa este alelo para todos os seus descendentes (LACAVA E BRAUN, 2006; FRIDMAN, 2012). A Figura 14 mostra os símbolos utilizados para a construção de heredogramas.



**Figura 14:** Simbologia básica de heredogramas.

**Fonte:** <http://www.icb.ufmg.br/grad/genetica/heredogramas.htm>.

## 2.2. METODOLOGIAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA

### 2.2.1. A metodologia de ensino de Ciências e Biologia no Brasil: um breve histórico

Com a gradativa importância da área de ensino de ciências e biologia, é necessário ordenar seu caminho, considerando os pontos marcantes para o seu processo de concretização. Vários autores apontam o aspecto histórico na área das ciências. De acordo com ALMEIDA JÚNIOR (1979, p. 45), a recuperação histórica relativa aos acontecimentos nesse campo do conhecimento é muito importante e merece dedicação, porque “fornece a verdade histórica que sofremos e realizamos, possibilita uma análise crítica dos condicionantes da educação e da sociedade científica que vivemos e nos remete a uma maior compreensão do homem e da ciência”.

No período do Brasil Colônia e Império, a cultura científica ainda exigia pouca atenção na conjuntura educacional, logo nos séculos XVII e XVIII, com a emergência das associações científicas e literárias, iniciou-se a transmissão de ideias e teorias científicas (ALMEIDA JÚNIOR, 1979; MOREIRA, 1996). Além disso, o autor ALMEIDA JÚNIOR (1979) relata o empenho pela socialização do conhecimento científico, o qual adquiriu grande relevância com o início da reforma do ensino público, em meio ao período do Brasil República.

Na década de 1940, apareceram instituições nacionais para expandir materiais didáticos de ciências, como o IBCEC, a comissão nacional da Unesco (BARRA E LORENZ, 1986). Essas instituições exerceram importante função na concretização da área do ensino de ciências no Brasil, pois colaboraram na efetivação de metodologias apropriadas à realidade do país, mesmo que inicialmente fosse um reflexo dos ideais pedagógicos internacionais (MOURA *et al.*, 2013).

Entre os anos de 1960 e 1970, o método científico surge como necessidade ao desenvolvimento do sujeito e não somente do cientista. De acordo com KRASILCHIK (2000), nessa época é valorizada a “democratização do ensino e participação do aluno - elaborando hipóteses, identificando

problemas, analisando variáveis, planejando experimentos e aplicando resultados obtidos”.

Ainda KRASILCHIK (2000, p. 85):

Na medida em que a Ciência e a Tecnologia foram reconhecidas como essenciais no desenvolvimento econômico, cultural e social, o ensino das Ciências em todos os níveis foi também crescendo de importância, sendo objeto de inúmeros movimentos de transformação do ensino, podendo servir de ilustração para tentativas e efeitos das reformas educacionais.

Embora as inovações científicas e tecnológicas estejam inseridas nos currículos escolares das escolas públicas, “a maioria dos alunos não contextualiza o ensino de biologia, com destaque aos conteúdos de genética, que se tem na escola com a sua realidade” (MOURA *et al.*, 2013).

Deste modo, OCA (1995, p. 122) descreve:

[...] os conteúdos de genética na educação básica pública, muitas vezes, são considerados difíceis e desinteressantes, não permitindo ao aluno fazer a correlação de que tópicos como ciclo celular, constituição e funcionamento da molécula de DNA, entre outros, abordados em sala de aula são a base para a criação de tecnologias que darão origem, por exemplo, aos transgênicos.

No ano de 2002, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio prontamente desejavam que o campo de ciências da natureza proporcionasse uma aprendizagem favorável à vida e ao trabalho, e desenvolvesse no aluno da escola pública capacidades, aptidões e valores que lhes permitissem um olhar crítico a respeito da natureza das ciências e do conhecimento científico (MOURA, *et al.*, 2013).

No Brasil, os temas referentes à genética estão incluídos no conteúdo de biologia lecionado na 3ª série do Ensino Médio. No entanto, como disciplina, a genética não é bem recebida por grande parte dos alunos devido à sua complexidade (MOURA *et al.*, 2013).

#### 2.2.2. Dificuldades no ensino de Biologia

Uma grande dificuldade no ensino de biologia, de acordo com MOURA *et al.* (2013, p. 170):

[...] o professor de biologia tem sido historicamente exposto a uma série de desafios que o obrigam a acompanhar as descobertas científicas e tecnológicas, e o grande desafio é a construção coletiva do conhecimento de forma sistematizada e acessível, o que leva tempo, estudo e dedicação.

Grande parte dos professores apresenta dificuldades na utilização de novas tecnologias, com linguagens do mundo moderno, o que ocasiona o emprego de metodologias consideradas obsoletas poucos anos após sua formação (ARRUDA E VILLANI, 1994; JUSTINA E BARRADAS, 2004).

Outra grande dificuldade encontrada pelo docente de biologia reside no fato de não conseguir articular o que é ensinado em sala de aula com o que é divulgado nos meios de comunicação. Isto ocorre pela ausência ou a existência precária de laboratórios e/ou equipamentos nas escolas públicas (LOPES E MELO, 2005). A deficiência de recursos, ausência de laboratórios e/ou equipamentos e também a falta de tempo têm sido algumas das dificuldades citadas pelos docentes para a efetivação de práticas pedagógicas modernas (ARRUDA E VILLANI, 1994).

Para ofertar um ensino de biologia com qualidade, com ênfase a genética, faz-se necessário o acesso pelo educador a recursos didáticos que promovam a relação teoria – prática (MOURA *et al.*, 2013).

### 2.2.3. Metodologias para o ensino de Genética

Tem sido cada vez mais complexo para os docentes do Ensino Médio seguir a rapidez de produção de conhecimento pertinente com a genética. Por este motivo, frente à necessidade de preparar os alunos para a vida na sociedade do conhecimento que distingue o século XXI, tem sido necessário o uso de práticas educativas que os tornem capazes de vincular os estudos escolares ao contexto em que vivem (CARNEIRO E DAL-FARRA, 2011).

De acordo com SONCINI (1991, p. 29), “a prática pode ser uma aliada para o ensino de ciências, cuja construção dos conhecimentos depende da

experimentação. Também, as práticas atuam como forma integrante para edificação de uma nova visão acerca do assunto abordado na teoria (LEITE *et al.*, 2008).

No entanto, é mínimo o número de profissionais de biologia que apresentam habilidade ou possuem a seu dispor instrumentos para trabalhar o conteúdo programático de modo efetivamente ativo e que possibilite ao aluno se desenvolver, ampliar seu raciocínio, o senso crítico, ser participativo no processo de aprendizagem (BORGES E LIMA, 2007).

SCHEID e FERRARI (2006) publicaram que um número expressivo de estudos sobre ensino de Genética vem sendo apresentado nos últimos encontros científicos. A importância desse novo campo de pesquisa é demonstrada quando, nos cursos de formação continuada de educador, assuntos referentes à genética aparecem como uma das maiores inquietações no ensino de biologia.

Diante das dificuldades em trabalhar alguns conceitos da disciplina de biologia com os alunos do ensino médio, é importante utilizar estratégias alternativas que favoreçam a construção do conhecimento. Neste sentido, a instrução e a compreensão da genética têm sido analisadas tanto para reconhecimento das dificuldades de aprendizado como para a busca de soluções apropriadas, envolvendo o uso de alternativas de ensino em seus mais variados contextos (SCHUNEMANN *et al.*, 2012).

### 2.3.A AULA PRÁTICA COMO METODOLOGIA DE ENSINO

“A Biologia é uma grande área das ciências que estuda os mecanismos de regulação dos organismos e as interações dos seres vivos com o meio-ambiente” (CASAGRANDE, 2006, p. 132). Tal como as demais ciências, a biologia fundamenta-se na experimentação, no entanto, ressalta-se uma desigualdade nas áreas de abrangência, reunindo desde botânica, paleontologia, evolução e zoologia. Para tanto, é cabível o uso de técnicas pedagógicas diferentes, sobretudo em relação às aulas práticas (MOURA, *et al.*, 2013).

A compreensão da seriedade e aplicabilidade dessa ciência para o indivíduo torna-o apto ao se posicionar perante diferentes assuntos da sociedade contemporânea (CASAGRANDE, 2006).

De acordo com JUSTINA e RIPPEL (2004, p. 3):

[...] o campo da Genética tem destaque entre as ciências de ponta do mundo e acumula avanços científicos notáveis, que vão desde o descobrimento da dupla hélice do DNA, por Watson e Crick até o sequenciamento total do Genoma Humano. Porém, esta importância contrasta com a realidade observada em inúmeras escolas brasileiras. Pesquisas demonstraram que a maioria dos estudantes de ensino médio não sabia localizar na célula qual a região onde o material genético é encontrado, evidenciando uma deficiência no entendimento de uma informação básica.

Para KRASILCHIK (2000), “o ensino de biologia é muito marcado com a modalidade didática de aula expositiva, configurando-se uma transmissão dos conteúdos de maneira apenas informativa, que compromete à formação do conhecimento científico”. Com o uso exagerado deste método, geralmente o aluno vincula a disciplina de biologia a termos técnicos e científicos, qualificando a disciplina como difícil, decorrendo na perda de comprometimento no processo de aprendizagem. Frente a esta problemática, torna-se imprescindível o educador utilize práticas educativas mais ativas, que permitam a inclusão do aluno ao processo pedagógico (MOURA *et al.*, 2013).

RAMALHO *et al.* (2006, p. 76) citam que “para tornar o processo de aprendizagem mais efetivo e dinâmico, é importante a utilização de ferramentas estratégicas, como aplicações de práticas prazerosas aos alunos”.

De acordo com OCA (1995, p. 68):

A experimentação no ensino se faz necessária para aproximar os alunos dos fenômenos ensinados nas aulas teóricas, no entanto, as atividades práticas são pouco utilizadas por professores de ciências e biologia. Além disso, os alunos apresentam dificuldades para compreender os conceitos e o fato de os professores utilizarem apenas aulas expositivas baseadas nos livros e apostilas, que trazem exemplos distantes do cotidiano, agrava o problema.

As atividades práticas ou experimentais instigam o processo de ensino-aprendizagem, no entanto, estas não necessitam ser concebidas como uma autenticação da teoria apresentada em sala de aula e sim devem permitir a verificação, despertando a curiosidade e instigando os estudantes a analisar sobre a causa dos resultados obtidos (IZQUIERDO *et al.*, 1999).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1. PLANO DE AULA

A proposta metodológica foi dividida em dois grupos com a duração de três horas aula (H/A) cada (tabela 1). Esta sequência pode ser considerada de acordo com o conteúdo do livro didático/apostila e o conhecimento prévio dos alunos sobre genética.

A prática busca utilizar materiais com baixo custo, fácil acesso e manipulação para o desenvolvimento da experiência, em que o manuseio auxilie na aprendizagem dos conceitos relacionados ao tema.

É importante ressaltar que a prática deve ocorrer em sequência à aula teórica, a fim de contextualizar o tema abordado e demonstrar pela prática seus conceitos de forma concreta.

**Tabela 1:** Sequência das aulas teóricas e práticas.

H/A	TEMA	CONCEITOS INTRODUZIDOS	ATIVIDADE PRÁTICA
3	Leis de Mendel	Primeira e Segunda Leis de Mendel - genes, alelos, homozigoto/heterozigoto, dominante/recessivo, genótipo/fenótipo, hereditariedade	Prática 1 - Vídeoaulas 1 “Introdução à genética” e 2 “1ª Lei de Mendel”
3	Padrões de herança  Tipos de doenças genéticas  Albinismo	Herança autossômica dominante e recessiva	Prática 2 - Copos descartáveis transparentes e caneta de retroprojeto preto

### 3.2. Prática 1: Herança de características fenotípicas comuns

Para a prática 1, recomenda-se apresentar duas videoaulas do Professor Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental Paulo Jubilut, encontradas no site Youtube, para melhor explicação dos conceitos de genética.

A primeira videoaula é a “Introdução à Genética” (<https://www.youtube.com/watch?v=qVzQb8aeuhA>), com 19 minutos, a qual aborda os conceitos referentes a genes/alelos, homozigoto/ heterozigoto, dominante/ recessivo, genótipo/fenótipo e hereditariedade.

A segunda videoaula é a “1ª Lei de Mendel” (<https://www.youtube.com/watch?v=087aPWhjSX8>), com 29 minutos e 23 segundos, a qual aborda a Primeira Lei de Mendel, doenças hereditárias autossômicas dominantes e recessivas e probabilidade utilizando o quadro de Punnett. Ainda, é apresentado um documentário sobre a doença genética de Huntington.

### 3.3. Prática 2: Albinismo

Para a prática 2 sobre Albinismo, utiliza-se copos descartáveis para representar os alelos nos gametas. Na parede de um grupo de copos será contornado e colorido o desenho de um homem. Nos outros copos, será apenas contornado o formato de um homem, e seu interior se encontrará transparente, sem colorir. Para essa prática, é colocado um copo dentro do outro para demonstrar as relações de dominância e recessividade. O resultado visual dos dois copos juntos mostra o fenótipo final do cruzamento.

Quando junta-se um copo de “homem colorido” com outro também “colorido”, o resultado visual é de um “homem com coloração”. Assim, como o encontro de dois gametas “A” (alelo que condiciona característica normal para coloração da pele) irá originar um indivíduo “AA”, ou seja, normal (pigmentado).



Juntando dois copos de “homens não coloridos”, o resultado é um “homem sem coloração”. O encontro de dois gametas “a” (alelo que em homozigose condiciona característica albina para a coloração da pele) irá originar um indivíduo “aa”, ou seja, albino (sem pigmentação). Juntando um copo com “homem colorido” e outro “não colorido”, o resultado é um “homem colorido”. Nessa situação o encontro de um gameta “A” e outro gameta “a”, irá originar um indivíduo “Aa”, ou seja, normal (pigmentado), já que o alelo “A” é dominante sobre o alelo “a” (PETBIO, 2010).

### 3.4.AVALIAÇÃO

Após a aplicação da proposta metodológica, torna-se necessário aferir seu efeito em relação à aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, uma forma de avaliação referente aos temas abordados (Primeira e Segunda Leis de Mendel/ genes, alelos, homozigoto/ heterozigoto, dominante/ recessivo, genótipo/fenótipo, hereditariedade, Herança autossômica dominante e recessiva) deve ser utilizada a fim de verificar os resultados.

O seguinte questionário será utilizado para esta avaliação:

1 – (FEI-SP) Os termos: homozigoto/heterozigoto, genes/alelos, genótipo /fenótipo, dominante/recessivo fazem parte da nomenclatura básica em genética. Explique o que significam.

- Homozigoto, é o termo usado para denominar um indivíduo que possua os dois genes iguais para uma determinada característica; podendo ela ser homozigota recessiva (ex.: aa), ou homozigota dominante (AA).
- Heterozigoto, é o termo usado para determinar um indivíduo que possua dois genes diferentes para determinada característica (Aa).
- Gene: os genes são pedaços ou segmentos de DNA e que possuem a informação para a produção de uma proteína ou um polipeptídio. O DNA está situado nos cromossomos. No cromossomo, cada gene ocupa uma posição específica que é chamada de Locus.

- Alelos: São os genes que se unem para formar uma determinada característica e se encontram no mesmo locus nos cromossomos homólogos. Por exemplo, a característica semente amarela, em ervilhas, é codificada pelos alelos VV, se homozigota e Vv, se heterozigota. Os alelos estarão sempre aos pares nos cromossomos, pois um dos alelos é proveniente de um gameta masculino e o outro de um gameta feminino.
- Genótipo: é a constituição gênica de um organismo, ou seja, o conjunto de todos os genes. Geralmente é representado através de letras para simbolizar os genes, e essas letras são utilizadas quando realizamos cruzamentos.
- Fenótipo: é a interação do genótipo com o ambiente. O fenótipo são as características visíveis de um organismo, por exemplo, uma pessoa tem o gene para cabelos castanhos, mas pinta-o de loiro. O genótipo desta pessoa é para cabelos castanhos, mas seu fenótipo é loiro.
- Dominante: O gene dominante é aquele que determina uma característica, mesmo quando em dose simples nos genótipo, como é o caso dos heterozigotos.
- Recessivo: é o gene que só se expressa quando em dose dupla, pois na presença de um dominante, ele se torna inativo, como é o caso dos heterozigotos.

2 - (UEPB PB) – Sobre o vocabulário genético, associe corretamente:

I. genótipo;

II. fenótipo;

III. gene;

IV. heredograma.

A. É a montagem de um grupo familiar com o uso de símbolos, também conhecido como genealogia ou mapa familiar.

B. Cada segmento de DNA capaz de transcrever sua mensagem em uma molécula de RNA.

C. É a constituição genética de um organismo, ou seja, o conjunto de alelos que ele herdou dos genitores.

D. São as características internas ou externas de um ser vivo, geneticamente determinadas.

**Assinale a alternativa correta:**

- a) I-A ; II-B ; III-D ; IV-C
- b) I-C ; II-D ; III-B ; IV-A**
- c) I-B ; II-A ; III-D ; IV-C
- d) I-A ; II-C ; III-B ; IV-D
- e) I-D ; II-B ; III-A ; IV-C

3 – (FUC-MT) Cruzando-se ervilhas verdes vv com ervilhas amarelas Vv, os descendentes serão:

- a) 100% vv, verdes;
- b) 100% VV, amarelas;
- c) 50% Vv, amarelas; 50% vv, verdes;**
- d) 25% Vv, amarelas; 50% vv, verdes; 25% VV, amarelas;
- e) 25% vv, verdes; 50% Vv, amarelas; 25% VV, verdes.

4 - Se cruzarmos dois gatos, sendo ambos heterozigóticos (Aa), obteremos:

- a) Apenas indivíduos Aa;
- b) Indivíduos AA e aa, na proporção de 3:1, respectivamente;
- c) Indivíduos AA e aa, na proporção de 2:1, respectivamente;
- d) Indivíduos AA, Aa e aa, na proporção de 1:2:1, respectivamente.**

5 - De acordo com a Primeira lei de Mendel, confira as afirmações abaixo e marque a que apresentar informações incorretas:

- a) Em cada espécie de ser vivo o número de cromossomos é constante, e isso ocorre porque na formação dos gametas esse número é reduzido à metade e depois, na fecundação, restabelece-se o número inicial.
- b) Cada caráter é determinado por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, indo um fator do par para cada gameta.
- c) Quando os alelos de um par são iguais, fala-se em condição heterozigótica (para a qual Mendel usava o termo puro), e quando os alelos são diferentes, fala-se em condição homozigótica (para a qual Mendel usava o termo híbrido).**
- d) Um mesmo caráter pode apresentar duas ou mais variáveis, e a variável de cada caráter é denominada fenótipo.

e) O termo genótipo pode ser aplicado tanto ao conjunto total de genes de um indivíduo como a cada gene em particular.

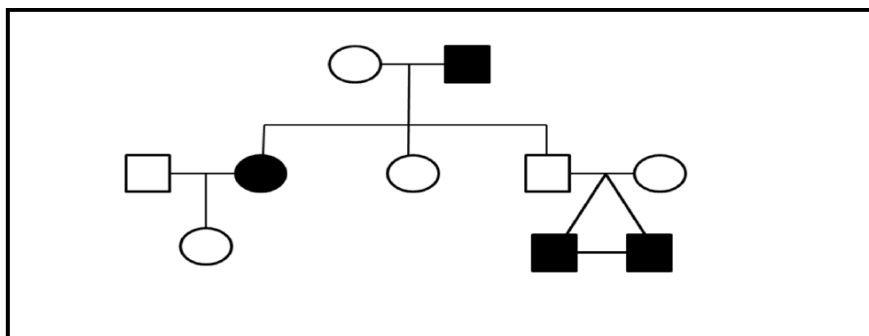
6 - A Segunda Lei de Mendel, também chamada de lei da segregação independente, diz que os fatores para duas ou mais características segregam-se de maneira independente, distribuindo-se para os gametas e recombina-se ao acaso. De acordo com essa lei, podemos concluir que um indivíduo de genótipo BBCc terá gametas:

- a) B, C e c.
- b) BB e Cc.
- c) BC e Bc.
- d) BB, BC, Bc e Cc.

7 - Imagine que uma mulher com olhos escuros e visão normal (CcMm) case-se com um homem de olhos claros e míope (ccmm). Sabendo que os olhos escuros e a visão normal são determinados por genes dominantes (C e M), marque a alternativa que indica a probabilidade de nascer uma criança de olhos claros e visão normal.

- a)  $\frac{1}{2}$
- b)  $\frac{1}{3}$
- c)  $\frac{1}{4}$
- d)  $\frac{1}{5}$
- e)  $\frac{1}{6}$

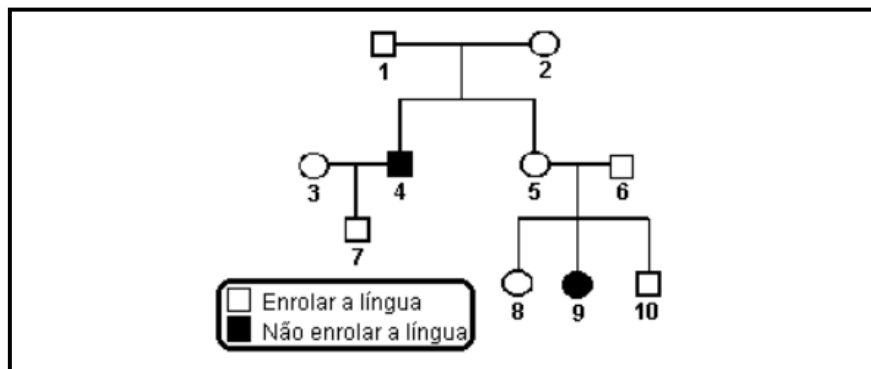
8 – Sabendo que a característica marcada é autossômica recessiva, analise a genealogia, enumere os indivíduos de acordo com a numeração padrão e dê seus respectivos genótipos para os alelos A e a.



9- Na espécie humana, o albinismo é causado por um gene autossômico recessivo. A probabilidade do primeiro filho de um homem albino casado com uma mulher normal, mas heterozigota, ser albino e do sexo masculino é:

- a) nula
- b) 25 % (resposta correta)
- c) 50 %
- d) 75 %
- e) 100 %

10 - O heredograma abaixo representa a capacidade de enrolar a língua de forma lateral.



Identifique no próprio heredograma, os genótipos dos indivíduos possíveis.

- a) Quais indivíduos são, com certeza, heterozigotos?
- b) Em quais indivíduos não é possível de determinar o genótipo?

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se que a associação das aulas teóricas e práticas propostas proporcionem uma reflexão aos alunos da forma como algumas características físicas do ser humano são herdadas ao acaso. Ainda, há a expectativa em um aumento na quantidade e na qualidade da participação dos alunos, o que supostamente poderia ser interpretado também como um aumento na motivação para a aprendizagem do conteúdo.

Espera-se evidenciar um resultado favorável das aulas práticas sobre o aprendizado, principalmente no que diz respeito a uma ampliação no número de acertos após a aplicação do questionário.

Conforme os autores SCHUNEMANN *et al.* (2012) mencionam, “a utilização constante de estruturação de determinados assuntos é uma alternativa que corrobora com o processo de construção do conhecimento dos alunos. Nesse sentido, as aulas práticas apresentam-se como um meio facilitador da tarefa de aprender.

A meta-aprendizagem torna possível ao estudante a partir do momento que este é capaz de compreender a estrutura de determinado assunto. Em outras palavras, conhecer uma estrutura é saber como as coisas se ligam entre si.

Apresentadas as dificuldades pesquisadas e a potencialidade que as atividades práticas possuem em promover a aprendizagem de conteúdos abstratos, amplamente descrito no referencial teórico deste trabalho, espera-se igualmente encontrar, entre os alunos que empregarem o material, evidências de que a aprendizagem do conteúdo se deu de forma significativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABC.MED.BR. **Albinismo: como é?**. 2012. Disponível em: <<http://www.abc.med.br/p/sinais.-sintomas-e-doencas/316190/albinismo+como+e>>. Acesso em: 03 jun. 2015.
- ALMEIDA JÚNIOR, J. B. A evolução do ensino de física no Brasil. **Revista de Ensino de Física**, v.1, n. 2, p. 45-58, 1979. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol01a17.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2015.
- AMABIS, J.P.; MARTHO, G.R. **Fundamentos da Biologia Moderna**. São Paulo: Moderna, 1990. p. 325-332. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/144517258/biologia-das-celulas-volume-1-amabis-e-martho#download>>. Acesso em: 19 fev. 2015.
- ANTONIO, J. R.; GOLONI-BERTOLLO, E. M.; TRIDICO, L. A. Neurofibromatosis: chronological history and current issues. **An. Bras. Dermatol.**, Rio de Janeiro, v. 88, n. 3, p. 329-343, June 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-05962013000300329&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962013000300329&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 01 jun. 2015.
- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Mudança conceitual no ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 11, n. 12, p. 88-99, 1994. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/7152/6608>>. Acesso em: 01 jun. 2015.
- ASTRAUSKAS, J. P.; NAGASHIMA, J. C.; SACCO, S. R.; ZAPPA, V. As Leis da Herança por Gregor Johann Mendel, uma revolução genética. São Paulo: **Revista Científica de Medicina e Veterinária**, 2009. Disponível em: <[http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/qYG3dxvYmiF7rSK\\_2013-6-24-17-32-26.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/qYG3dxvYmiF7rSK_2013-6-24-17-32-26.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2015.
- AYUSO, G. E.; BANET, E. Alternativas ala enseñanza de la genética en educación secundaria. **Enseñanza de las ciencias**, v. 20, n. 1, p. 133 - 157, 2002. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21790/21624>>. Acesso em: 01 jun. 2015.
- BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980. **Ciência e Cultura**, v. 38. N. 12, p. 1970-1983, 1986. Disponível em: <[http://digitalcommons.sacredheart.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1045&context=cad\\_fac](http://digitalcommons.sacredheart.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1045&context=cad_fac)>. Acesso em: 20 abril 2015.
- BORGES, R. M. R; LIMA, V. M. R. Tendências contemporâneas do ensino de biologia no Brasil. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007. Disponível em: <<http://www.sauem.uvigo.es/reec/>>. Acesso em: 20 abril 2015.

BUGALLO, R. A. La Didáctica de La Genética: revision bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, p. 379-385, 1995. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21426/>>. Acesso em: 18 abril 2015.

CARNEIRO, S. P.; DAL-FARRA, R. A. As situações-problema na aprendizagem dos processos de divisão celular. **Acta Scientiae**, v. 13, n.1, p.121-139, 2011. Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/27>>. Acesso em: 20 abril 2015.

CASAGRANDE, G. L. **A genética humana no livro didático de biologia**. 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/Biologia/Dissertacao/livrogene.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Biologia/Dissertacao/livrogene.pdf)>. Acesso em: 20 abril 2015.

CASTELÃO, T.B. AMABIS, J. M. Motivação e ensino de genética: um enfoque atribucional sobre a escolha da área, prática docente e aprendizagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 54., Salvador, 2008. **Resumos...** Salvador, p.5. Disponível em: <<http://web2.sbg.org.br/congress/sbg2008/pdfs2008/23345.pdf>>. Acesso em: 18 abril 2015.

DANTAS, T. **Segunda Lei de Mendel**. Mundo Educação, 2009. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/biologia/segunda-lei-mendel.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

FONSECA, J. **Heredogramas ou genealogias**. Nosso bioma. 2011. Disponível em: <<http://nossobioma.blogspot.com.br/2010/04/heredogramas-ou-genealogias.html>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

FRIDMAN, C. As 1ª e 2ª **Leis de Mendel e conceitos básicos de citogenética**. CEPA, Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada – USP, 2012. 28 p.

GONÇALVES, F. S. **Primeira Lei de Mendel**. InfoEscola, 2006. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/biologia/primeira-lei-de-mendel/>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

GRIFFITHS, A.J.F.; MILLER, J.H.; SUZUKI, D.T.; LEWONTIN, R.C.; GELBART, W.M. **Introdução a Genética**. 6ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

GRIFFITHS, A. J. F.; GELBART, W M.; MILLER, J. H. LEWONTIN, R. C. **Genética Moderna**. São Paulo: Guanabara Koogan, 2001.

GUEDES, C. A genética e seus desafios no Brasil contemporâneo. **História**,



**Ciência, Saúde- Manguinhos**, v. 14, n. 4, p.1421-1424, out-dez, 2007.  
Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-59702007000400018&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-59702007000400018&script=sci_arttext) >. Acesso em: 18 abril 2015.

ICB. **Introdução à análise de genealogias**. Instituto de Ciências Biológicas, 2007. Disponível em: < <http://www.icb.ufmg.br/grad/genetica/heredogramas.htm> >. Acesso em: 01 jun. 2015.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. **Enseñanza de las Ciencias** Vol.17, n. 1, p. 45-60, 1999. Disponível em: <[www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/.../21393](http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/.../21393)>. Acesso em: 03 abril 2015.

JUSTINA, L. A. D.; BARRADAS, C. M. As opiniões sobre o ensino de genética numa amostra de professores de biologia no nível médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., Bauru, 2004. **Resumos...** Bauru:ABRAPEC, 2004. Disponível em: < <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL076.pdf> >. Acesso em: 05 abril 2015.

JUSTINA, L. A. D.; RIPPEL, J. L. Ensino de Genética: representações da Ciência da Hereditariedade no Nível Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., Bauru, 2003. **Resumos...** Bauru: ABRAPEC, 2003. Disponível em: < <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL076.pdf> >. Acesso em: 05 abril 2015.

KRASILCHICK, M. Reformas e Realidades: O curso do ensino de ciências. **São Paulo em perspectiva** v. 14, n.1: p 85-93, 2000. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n1/9805.pdf> >. Acesso em: 05 abril 2015.

KREUZER, H; MASSEY, A. **Engenharia genética e biotecnologia**. 2 ed. São Paulo: Artmed, 2002.

LACAVA, Z.; BRAUN, L. **Padrões de transmissão genética**. 2006. 31 p. Disponível em:< <http://www.biologia.bio.br/curso/Heran%C3%A7a%20Monog%C3%A2nica.pdf> >. Acesso em: 05 fev. 2015.

LACERDA, G. **Albinos**. 2011. Disponível em: <<http://www.ufunk.net/en/photos/albinos-photographies-gustavo-lacerda/>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

LEITE, A. C. S.; SILVA, P. A. B.; VAZ, A. C. R. A importância das aulas práticas para alunos jovens e adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II. **Revista da Faculdade de Educação da UFMG**. 2008. Disponível em:

<<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/98/147>>. Acesso em: 05 fev. 2015.

LOPES, M. A.; MELO, I. S. Bioprospecção: biotecnologia aplicada a prospecção e uso de serviços e funções da biodiversidade. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, São Paulo, v. 34, p. 29-35, 2005. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&id=171393&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22NASS,%20L.%20L.%22&qFacets=autoria:%22NASS,%20L.%20L.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

MARTINS, L. A. C. P. Bateson e o programa de pesquisa mendeliano. **Episteme**, Porto Alegre, n. 14, p. 27-55, jan./jul. 2002. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/geneticavegetal/Pesquisamendeliana.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2015.

MELDAU, D. C. **Acondroplasia**. InfoEscola, 2007. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/doencas/acondroplasia/>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

MOURA, J.; DEUS, M. S. M.; GONÇALVES, N. M. N.; PERON, A. P. Biologia/Genética: o ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 167-174, jul./dez. 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/13398>>. Acesso em: 26 maio 2015.

MORAES, P.L. **Primeira Lei de Mendel**. Mundo Educação, 2015. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/biologia/primeira-lei-mendel.htm#painel>>. Acesso em: 26 maio 2015.

MOREIRA, I. C. Física, Matemática e divulgação científica nos anos 20. In ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 5., 1996. Águas de Lindóia. **Atas...**, Belo Horizonte: UFMG/CECIMIG/FAE, 34-43. 1997. Disponível em: <[http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos\\_diversos/EPEF/V/V-Encontro-de-Pesquisa-em-E ensino-de-Fisica.pdf](http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/EPEF/V/V-Encontro-de-Pesquisa-em-E ensino-de-Fisica.pdf)>. Acesso em: 19 abril 2015.

MUNIZ, P. **Leis de Mendel**. Educação. Biologia, 2013. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/biologia/assunto/hereditariedade/leis-de-mendel.html>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

NUSSBAUM, R.L.; MCLNNES, R.R.; WILLARD. H.F. **Thompson & Thompson Genética Médica**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008, 640p.

OCA, I. C. M. Que aportes ofrece La investigación reciente sobre aprendizaje para fundamentar nuevas estrategias didácticas? **Revista Educación**, México, v. 19, n. 1, p. 7-16, 1995.

OLBY, R. **Gregor Mendel Austrian botanist**. Enciclopedia Britannica. 2015. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/374739/Gregor-Mendel>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

PETBIO. **Roteiro de aula prática 3º ano: albinismo e probabilidade**. 2010. Disponível em: < [http://www.petbio.ufv.br/roteiros/3\\_ano/3\\_P5.pdf](http://www.petbio.ufv.br/roteiros/3_ano/3_P5.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2015.

RAMALHO, M. A. P.; SILVA, F. B.; SILVA, G. S.; SOUZA, J. C. Ajudando a fixar os conceitos de genética. In: **Genética na escola** – SBG, v. 1, n. 2, p. 45-49, 2006. Disponível em: < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p513.pd>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

ROBINSON, W. M.; BORGES-OSÓRIO, M. R. **Genética para odontologia**. Porto Alegre: Artmed, 2007. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=uQZnkQWgs5AC&pg=PA56&lpg=PA56&dq=A+Heran%C3%A7a+Monog%](https://books.google.com.br/books?id=uQZnkQWgs5AC&pg=PA56&lpg=PA56&dq=A+Heran%C3%A7a+Monog%>)>. Acesso em: 03 jun. 2015.

ROCHA, L. M.; MOREIRA, L. M. A. Diagnóstico laboratorial do albinismo oculocutâneo. **J. Bras. Patol. Med. Lab.**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 25-30, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-24442007000100006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-24442007000100006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03 jun. 2015.

SANTANA, A. L. **Genética**. InfoEscola, 2006. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/ciencias/genetica/>>. Acesso em: 26 maio 2015.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Genética na Escola**, v.1, n.01, p. 17-18, 2006. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias\\_artigos/historia\\_ciencia\\_genetica.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias_artigos/historia_ciencia_genetica.pdf)>. Acesso em: 26 maio 2015.

SCHUNEMANN, H. E. S.; DUARTE, E. C.; SOUSA, E. C.; AMORIM, M. B. B. Metodologias ativas de ensino: um instrumento significativo no ensino-aprendizagem de genética. In: ENDIPE - Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino, 13., Campinas, 2012. **Anais...** Campinas: Junqueira&Marin, 2012. p. 743

SNUSTAD, P. E.; SIMMONS, M. J. **Fundamentos de Genética**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2008.

SONCINI, M. I. **Biologia**. Editora Cortez. São Paulo, 1991.

TEMP, D. S. **Facilitando a aprendizagem de genética: uso de um modelo didático e análise dos recursos presentes em livros de biologia**. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal de Santa Maria, 2011. Disponível em: <[http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=4105](http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=4105)>. Acesso em: 17 abril 2015.

TORRES, M. **Displasia Ectodérmica Ectrodactilia ou Síndrome da Fissura do Lábio/Palato - Sintomas, Causas, Diagnóstico, Tratamento**. As doenças raras,

2015. Disponível em: < <http://asdoencasraras.blogspot.com/2014/06/displasia-ectodermica-ectrodactilia-ou.html>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

TROPE, B. M.; SALOMÃO, J. N.; COSTA, V. D. T.; VERDE, R. B. V.; BARROS, D. S. Você conhece esta síndrome? **An. Bras. Dermatol.**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 4, p. 573-575, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-05962010000400027](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962010000400027)>. Acesso em: 01 jun. 2015.

UFGD. **Herança autossômica dominante e recessiva**. Genética Virtual, 2011. Disponível em: < <http://geneticavirtual.webnode.com.br/genetica-virtual-home/prefacio/analise-mendeliana/heranautossomica%20recessiva/>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

VARELA, D. **Albinismo**. 2015. Disponível em: <<http://drauziovarella.com.br/destaque2/albinismo/>>. Acesso em: 01 jun. 2015

VILELA, M. R. **A produção de atividades experimentais em Genética no Ensino Médio**. 2007. 58 f. Monografia (Especialista em Ensino de Ciências por Investigação) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. Disponível em: < [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/Biologia/monografia/genetica.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Biologia/monografia/genetica.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2015.

XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A. S.; MORAES, M. O. A nova biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S15163132006000300003&script>>. Acesso em: 19 fev. 2015.